

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2000-67449
(P2000-67449A)

(43)公開日 平成12年3月3日(2000.3.3)

(51)Int.Cl.
G 1 1 B 7/125

識別記号

F I
G 1 1 B 7/125

データベース(参考)
A 5 D 1 1 9

審査請求 未請求 請求項の数12 F D (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平10-247829

(22)出願日 平成10年8月18日(1998.8.18)

(71)出願人 000002369
セイコーエプソン株式会社
東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(72)発明者 近藤 貴幸
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
(72)発明者 西川 尚男
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
(74)代理人 100090479
弁理士 井上 一 (外2名)

最終頁に続く

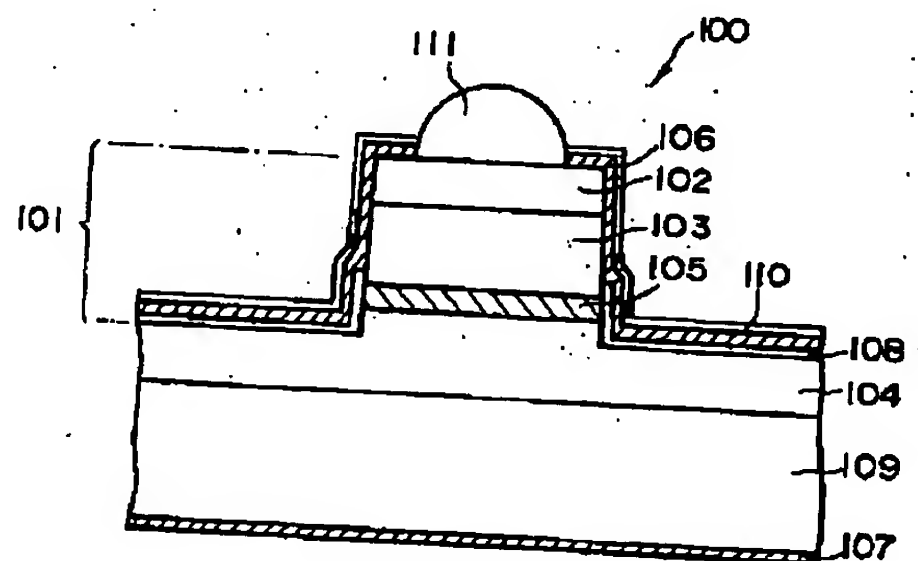
(54)【発明の名称】 面発光型半導体レーザおよびその製造方法

(57)【要約】

【課題】 レーザ出力を増したとしても、レーザ光の放射角を小さく設定することを可能とする面発光型半導体レーザを提供する。

【解決手段】 本発明の面発光型半導体レーザ100は、半導体基板上に垂直方向の共振器を有し、共振器より半導体基板に垂直な方向にレーザ光を出射する。共振器を含む半導体堆積体(柱状部)101の表面に、凸レンズ形状を有する出射部111が形成されている。この面発光型半導体レーザ100は、以下の工程を含む製造方法によって製造される。

(a) 半導体基板上に、前記柱状部101を形成する工程、(b) 柱状部101の表面の所定領域が露出した状態で、共振器に電流を注入するための電極(上部電極)106を形成する工程、(c) 上部電極106の表面に、撥液処理を施す工程、(d) 硬化させると出射部111を構成し、かつ、撥液膜によってはじかれる液状物を、露出した柱状部101の表面に位置させる工程、および(e) 液状物を硬化させて、出射部111を形成する工程。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体基板上に垂直方向の共振器を有し、前記共振器より前記半導体基板に垂直な方向にレーザー光を出射する面発光型半導体レーザーであって、前記共振器を含む半導体堆積体の表面に、凸レンズ形状を有する出射部が形成されている面発光型半導体レーザー。

【請求項 2】 請求項 1 において、前記出射部を囲むように前記共振器に電流を注入するための電極が前記半導体堆積体の表面に形成されている面発光型半導体レーザー。

【請求項 3】 請求項 2 において、前記電極の表面に撥液膜が形成されている面発光型半導体レーザー。

【請求項 4】 請求項 1 ないし請求項 3 のいずれかにおいて、前記出射部の材質は、高分子化合物からなる面発光型半導体レーザー。

【請求項 5】 以下の工程 (a) ~ (e) を含む面発光型半導体レーザーの製造方法。

(a) 半導体基板上に、複数の半導体層を堆積して共振器を含む半導体堆積体を形成する工程、(b) 前記半導体堆積体の表面の所定領域が露出した状態で、前記共振器に電流を注入するための電極を形成する工程、(c) 前記電極の表面に、撥液処理を施す工程、(d) 硬化させると凸レンズ形状を有する出射部を構成し、かつ、前記撥液膜によってはじかれる液状物を、露出した半導体堆積体の表面に位置させる工程、および (e) 前記液状物を硬化させて、前記出射部を形成する工程。

【請求項 6】 請求項 5 において、前記工程 (c) は、前記電極の表面に、撥液膜を形成することにより、撥液処理を施す工程である面発光型半導体レーザーの製造方法。

【請求項 7】 請求項 5 において、前記工程 (d) は、ディスペンサノズルの先端に前記液状物の液滴を作り、該液滴を少なくとも前記露出した半導体堆積体の表面に接触させ、該液状物を該表面に位置させる工程である面発光型半導体レーザーの製造方法。

【請求項 8】 請求項 5 において、前記工程 (d) は、インクジェットヘッドを用いて前記液状物を前記露出した半導体堆積体の表面に射出し、該液状物を該表面に位置させる工程である面発光型半導体レーザーの製造方法。

【請求項 9】 請求項 5 ないし請求項 8 のいずれかにおいて、前記液状物は、樹脂または樹脂の前駆体を含む液状物である面発光型半導体レーザーの製造方法。

【請求項 10】 請求項 5 ないし請求項 9 のいずれかにおいて、前記撥液膜は、前記電極に吸着する化合物からなる単分

子膜である面発光型半導体レーザーの製造方法。

【請求項 11】 請求項 5 ないし請求項 10 のいずれかにおいて、

前記電極は、金属からなる面発光型半導体レーザーの製造方法。

【請求項 12】 請求項 10 において、前記単分子膜は、一方の末端に前記液状物をはじく性質を有する原子団を含むチオールからなる面発光型半導体レーザーの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、半導体基板に対して垂直にレーザー光を出射する面発光型半導体レーザーおよびその製造方法に関する。

【0002】

【背景技術】 面発光型半導体レーザーは、端面レーザーに比べてレーザー放射角が等方的で、かつ、小さいという特徴を有している。面発光型半導体レーザーを大コア径の光ファイバー、たとえば、プラスチック光ファイバーに適用した場合には、上記の特徴のため、レンズなどを介さず、直接にレーザー光をファイバー内に効率よく入射することができる。そのため、プラスチック光ファイバーと面発光型半導体レーザーを組み合わせたことにより、きわめて簡単な構成の光通信モジュールを実現することができる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、プラスチック光ファイバーには、伝達損失が大きいという欠点があるため、伝送距離を長くするには、大きな光出力の光源が必要になる。面発光レーザーのレーザー出力を増すには、レーザー出射口径を大きくすることが有効である。しかし、レーザー出射口径を大きくすると放射角が大きくなるという問題が生じる。光送信モジュールの構成の簡略化のため、直接結合、すなわち、光ファイバーと光源との間にレンズを介さずに、直接にレーザー光を光ファイバーに入射を行った場合において、放射角の増大は、結合効率、すなわち、ファイバーコア内に入射するレーザー光の光量の低下および取り付けマージンの減少などを招く結果となる。そのため、伝送距離の長さを確保することと、直接結合による光送信モジュールの構成の簡略化の両立が難しいという問題があった。

【0004】 本発明の目的は、上記の両立が図られるようにするもので、具体的には、レーザー出力を増したとしても、レーザー光の放射角を小さく設定することを可能とする面発光型半導体レーザーおよびその製造方法を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明の面発光型半導体レーザーは、半導体基板上に垂直方向の共振器を有し、前記共振器より前記半導体基板に垂直な方向にレーザー光を

10

20

30

40

50

出射する面発光型半導体レーザーであって、前記共振器を含む半導体堆積体の表面に、凸レンズ形状を有する出射部が形成されている。

【0006】この面発光型半導体レーザー（以下「面発光レーザー」という）によれば、上述の共振器を含む半導体堆積体の表面に、前記凸レンズ形状を有する出射部を形成したことで、レーザー出射面において、レーザービームを屈折させ、その放射角を狭めることができる。また、この構成によれば、レーザー出射面において放射角を狭めることができるため、レーザー出力を増すためにレーザー出射口径を大きくしたとしても放射角を小さく設定することも可能となる。

【0007】前記出射部の材質は、たとえば、高分子化合物を挙げることができる。具体的には、ポリイミド樹脂、紫外線硬化型アクリル樹脂および紫外線硬化型エポキシ樹脂の群から選択される少なくとも1種を挙げることができる。

【0008】前記半導体堆積体の表面には、前記共振器に電流を注入するための電極が形成される。前記電極は、前記出射部を被覆しないように、該出射部を囲むようにして形成される。さらに、電極の表面には、撥液膜を形成することが望ましい。

【0009】本発明にかかる面発光レーザーは、以下の工程（a）～（e）を含む製造方法により、形成することができる。

【0010】（a）半導体基板上に、複数の半導体層を堆積して共振器を含む半導体堆積体を形成する工程、

（b）前記半導体堆積体の表面の所定領域が露出した状態で、前記共振器に電流を注入するための電極を形成する工程、（c）前記電極の表面に、撥液処理を施す工程、（d）硬化させると凸レンズ形状を有する出射部を構成し、かつ、前記撥液膜によってはじかれる液状物を、露出した半導体堆積体の表面に位置させる工程、および（e）前記液状物を硬化させて、前記出射部を形成する工程。

【0011】このように、電極の表面を撥液処理を施し、液状物を、電極が開口してある出射部を設けようとする位置に供給してやり、柱状部の上面のコンタクト層上に残った液状物を硬化することのみで、マイクロレンズとして機能するレーザー出射部をセルフアラインで形成することができる。つまり、電極の表面と露出した半導体堆積体の表面との液状物に対するぬれの程度に差をもたせることにより、液状物が手を加えなくとも放置しておくだけで、自発的に出射部を設けようとする位置に凝集していく。その結果、出射部をセルフアラインで形成することができる。このようにレーザー出射部をセルフアラインで形成することができるため、光軸合わせが不要で光軸ずれのないレーザー出射部をきわめて簡単な工程で形成することができる。

【0012】前記工程（c）において、撥液処理として

は、たとえば、撥液膜を形成することによる撥液処理、たとえば、 CF_4 などのフッ素系ガスのプラズマを用いた表面のフッ素化などを挙げることができる。このうち、撥液膜を形成することによる撥液処理が好ましい。

【0013】前記工程（d）において、上述の露出した半導体堆積体の表面に、液状物を供給する手段としては、たとえば、以下の2つの方法を挙げることができる。

【0014】（1）第1に、ディスペンサノズル（以下「ノズル」という）の先端に前記液状物の液滴を作り、該液滴を少なくとも上述の露出した半導体堆積体の表面に接触させ、該液状物を該表面に供給する方法である。

【0015】このように、ノズルを用いることで、液状物の粘度、ノズル径およびノズル先端の液滴量などを調整したり、ノズル先端の表面処理などにより、出射部の厚さを容易に制御することができる。また、ノズルによる液状物の供給方法は、液状物の粘度による影響を受け難いため、使用可能な液状物の範囲が広い。さらに、必要などところのみ液状物を確実に供給することができるため、無駄がなく、余計なところに液状物が付着することもない。

【0016】（2）第2に、インクジェットヘッドを用いて前記液状物を上述の露出した半導体堆積体の表面に射出し、該液状物を該表面に供給する方法である。

【0017】インクジェットヘッドを用いた方法は、短時間で液状物を前記表面に供給することができ、生産性が高いという利点がある。

【0018】前記液状物は、高分子化合物または高分子化合物の前駆体を含むことが望ましい。

【0019】前記撥液膜としては、前記液状物をはじく性質を有する膜であれば、特に限定されないが、たとえば、前記電極に吸着する化合物からなる単分子膜を挙げることができる。

【0020】前記電極の表面が金属からなる場合には、前記単分子膜は、一方の末端に前記液状物をはじく性質を有する原子団（以下「機能基」という）を含むチオールからなることが望ましい。以下に、この望ましい理由を述べる。

【0021】チオールは、チオールのメルカプト基の硫黄原子と金の表面の金原子とが共有結合的に化学結合することにより、金に化学吸着する性質を有する。この性質のため、金属からなる前記電極を機能基を有するチオールを含む溶液に浸漬すると、機能基を末端に有するチオールは、メルカプト基を前記電極に向けた配向をとって前記電極の表面上に化学吸着される。一方、露出した半導体堆積体の表面には、機能基を末端に有するチオールは、化学吸着しない。したがって、機能基を含むチオールからなる単分子膜を撥液膜とすることで、簡便に、かつ、選択的に前記電極の表面に撥液膜を形成することができる。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好適な実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

【0023】（第1の実施の形態）

（デバイスの構造）図1は、本発明の第1の実施の形態にかかる面発光レーザを模式的に示す断面図である。

【0024】図1に示す面発光レーザ100は、n型GaAs基板109上に、 $Al_{0.15}Ga_{0.85}As$ とAlAsとを交互に積層した25ペアの分布反射型多層膜ミラー（以下、「下部DBRミラー」という）104、厚さ3nmのGaAsウエル層と厚さ3nmの $Al_{0.3}Ga_{0.7}As$ バリア層から成り該ウエル層が3層で構成される量子井戸活性層105、 $Al_{0.15}Ga_{0.85}As$ と $Al_{0.9}Ga_{0.1}As$ とを交互に積層した30ペアの分布反射型多層膜ミラー（以下、「上部DBRミラー」という）103およびコンタクト層102が順次積層されて形成されている。

【0025】上部DBRミラー103は、Znがドーピングされることにより、p型にされ、下部DBRミラー104は、Seがドーピングされることにより、n型とされている。したがって、上部DBRミラー103、不純物がドーピングされていない量子井戸活性層105および下部DBRミラー104とで、pinダイオードが形成される。

【0026】コンタクト層102は、後述する液状物をはじかない性質を有している。また、コンタクト層102は、後に記載の上部電極106とオーミック接触可能な材質であることが必要で、AlGaAs系材料の場合、たとえば、 $10^{19}cm^{-3}$ 以上の高濃度の不純物がドーピングされた $Al_{0.15}Ga_{0.85}As$ からなる。

【0027】コンタクト層102、上部DBRミラー103、量子井戸活性層105および下部DBRミラー104の途中まで、所定の領域を除き、メサ状にエッチングすることにより、柱状部101が形成されている。また、柱状部101の上には、レーザ光の出射部111が設けられている。

【0028】さらに、絶縁層108は、柱状部101の側面的一部分および下部DBRミラー104の上面を覆うようにして形成されている。

【0029】そして、上部電極106は、たとえば、チタン、白金、金を順次積層した金属層、あるいは、クロム、金-亜鉛合金、金を順次積層した金属層などからなり、柱状部101の上面において、コンタクト層102とリング状に接触し、露出した柱状部101の側面、および絶縁層108の表面の一部を覆うようにして形成されている。上部電極106の上には、撥液膜110が形成されている。撥液膜110については、後述する製造プロセスのところで詳述する。

【0030】また、n型GaAs基板109の下には、たとえば、Au-Ge合金、Ni、Auを順次積層した

下部電極107が形成されている。

【0031】さらに、出射部111は、柱状部101の上に、上部電極106で取り囲まれるようにして設けられている。出射部111の上面は、凸レンズ面を構成し、レーザビームを屈折させる機能が付与されている。出射部の材質は、特に限定されるものではないが、たとえば、ポリイミド樹脂、紫外線硬化型アクリル樹脂、紫外線硬化型エポキシ樹脂などが挙げられ、好ましくは、ポリイミド樹脂を挙げることができる。

【0032】以下に、面発光レーザ100の動作を説明する。

【0033】上部電極106と下部電極107とで、pinダイオードに順方向の電圧を印加すると、量子井戸活性層105において、電子と正孔との再結合が起こり、再結合発光が生じる。そこで生じた光が上部DBRミラー103と下部DBRミラー104との間を往復する際、誘導放出が起こり、光の強度が増幅される。光利得が光損失を上まわるとレーザ発振が起こり、出射部111から基板に対して垂直方向にレーザ光が出射される。

【0034】本実施の形態において特徴的なことは、図1に示すように、柱状部101の上に出射部111が設けられ、さらに、出射部111の上面、すなわち、レーザ出射面が凸レンズ形状に形成されていることである。レーザ出射面が凸レンズ形状に形成されていることにより、レーザ出射面において、レーザビームを屈折させ、その放射角を狭めることができる。また、この構成によれば、レーザ出射面において放射角を制御できるため、レーザ出射口径を大きくしたとしても放射角を小さく設定することも可能となる。

【0035】（デバイスの製造プロセス）次に、図1に示す面発光レーザ100の製造プロセスについて説明する。図2～図6は、面発光レーザ100の製造工程を示したものである。

【0036】（1）まず、図2を参照しながら説明する。n型GaAs基板109上に、 $Al_{0.15}Ga_{0.85}As$ とAlAsとを交互に積層し、Seをドーピングした25ペアの下部DBRミラー104を形成する。次に、下部DBRミラー104上に、厚さ3nmのGaAsウエル層と、厚さ3nmの $Al_{0.3}Ga_{0.7}As$ バリア層から成り、該ウエル層が3層で構成される量子井戸活性層105を形成する。さらに、量子井戸活性層105上に、 $Al_{0.15}Ga_{0.85}As$ と $Al_{0.9}Ga_{0.1}As$ とを交互に積層し、Znをドーピングした30ペアの上部DBRミラー103を形成する。その後、上部DBRミラー103上に、 $Al_{0.15}Ga_{0.85}As$ からなるコンタクト層102を積層する。

【0037】上記の各層は、有機金属気相成長（MOVPE: Metal-Organic Vapor Phase Epitaxy）法でエピタキシャル成長させる

ことができる。このとき、例えば、成長温度は、750℃、成長圧力は、 2×10^4 Paで、III族原料にTMGa（トリメチルガリウム）、TMA1（トリメチルアルミニウム）の有機金属を用い、V族原料にAsH₃、n型ドーパントにH₂Se、p型ドーパントにDEZn（ジメチル亜鉛）を用いることができる。

【0038】次に、コンタクト層102上に、フォトレジストを塗布した後、フォトリソグラフィにより、フォトレジストをパターニングすることにより、図2に示すように、所定のパターンの第1のレジスト層R1を形成する。

【0039】（2）次いで、図3に示すように、第1のレジスト層R1をマスクとして、反応性イオンエッチング法により、コンタクト層102、上部DBRミラー103、量子井戸活性層105および下部DBRミラー104の途中まで、メサ状にエッチングし、柱状部101を形成する。このエッチングには、通常、エッチングガスとして塩素または塩素系ガス（塩化水素、BCl₃）を用いた、反応性イオンビームエッチング法が使われる。

【0040】（3）次いで、図4に示すように、SiH₄（モノシラン）ガスとO₂（酸素）ガスを用い、N₂（窒素）ガスをキャリアガスとする常圧熱CVD法により、基板上に、例えば、膜厚100～300nmのシリコン酸化膜（SiO_x膜）を形成する。その後、フォトリソグラフィとドライエッチングにより、図4に示すように、柱状部101の側面の一部および下部DBRミラー104の一部を除き、シリコン酸化膜をエッチング除去して、絶縁層108を形成する。

【0041】次いで、基板109の下面に、真空蒸着法により、Au-Ge合金、Ni、Auを順次積層した下部電極107を形成する。

【0042】さらに、図4に示すように、柱状部101の上面においてコンタクト層102とリング状に接触し、かつ、柱状部101の側面および絶縁層108を覆うように、上部電極106をリフトオフ法により形成する。ここでは、上部電極106には、チタン、白金、金を順次積層した金属層を用いた。

【0043】（4）次に、図4に示すように、上部電極106上に撥液膜110を形成する。

【0044】撥液膜110は、後述する液状物をはじく性質を有している。

【0045】ここで、上部電極106を構成する金属層の表面が金属である場合には、撥液膜110としては、たとえば、以下のようにして得られた単分子膜からなる。

【0046】機能基を末端に有するチオールを1～10mMのエタノール水溶液に溶解させる。その溶液に上部電極106を浸漬すると、上部電極106上にのみ、機能基を有するチオール112の単分子膜（以下「チオ-

ル単分子膜」という）が形成される。

【0047】ここで、機能基を末端に有するチオールとしては、たとえば、CF₃(CF₂)_n(CH₂)_mSH（mは、5～60の整数、nは、1～20の整数を示す）で表されるフッ素系の機能基を末端に有するチオールなどを挙げることができる。

【0048】以下に、図5を参照して、上部電極106上に、チオール単分子膜116が形成される理由を説明する。

10 【0049】図5は、チオール単分子膜を形成した直後の柱状部101の上面の一部分を模式的に示した拡大図である。

【0050】チオールは、チオールのメルカプト基の硫黄原子と金原子とが共有結合的に化学結合することにより、金に化学吸着する性質を有する。この性質のため、金属115からなる上部電極106を機能基を有するチオールを含む溶液に浸漬すると、図5に示すように、機能基を末端に有するチオール112は、メルカプト基113を上部電極106に向けた配向をとって上部電極106の表面上に化学吸着される。一方、柱状部101の上面のコンタクト層102が露出した表面には、機能基を末端に有するチオールは、化学吸着しない。また、末端に存在している機能基114は、チオール単分子膜116の表面に現れる。その結果、上部電極106上に、チオール単分子膜116を形成することができる。

20 【0051】このチオール単分子膜は、以下のような理由で、撥液膜110として作用する。

【0052】このチオール単分子膜116の表面には、図5に示すように、後述する液状物をはじく性質が付与された機能基が現れている。このため、チオール単分子膜116は、後述する液状物をはじく性質を有し、撥液膜110として作用することができる。

【0053】このように化学吸着を利用して撥液膜110を形成する利点は、上部電極106上に、選択的に、かつ、簡便に撥液膜110を形成することができる点にある。

【0054】（5）次に、ノズルにより液状物を柱状部101上面に供給する。

【0055】この供給法を図6を参照しながら説明する。図6は、ノズルにより液状物を柱状部101上面に供給する方法を経時的に表した模式図である。

40 【0056】レーザ出射部の構成材質となる樹脂またはその樹脂の前駆体の液状物をノズル117に注入する。ノズル117の先端に、図6（a）に示すように、この液状物の液滴を作る。次に、図6（b）に示すように、この液滴を柱状部101の上面に接触させる。そうして液滴を柱状部101の上面、特にコンタクト層102の露出面に移した後、図6（c）に示すように、ノズル117を離す。

50 【0057】コンタクト層102は、液状物をはじかな

い材質からなる。そのため、露出したコンタクト層 102 上に移された液状物は、安定して存在することができる。また、上部電極 106 上にはみだした液状物は、上部電極 106 の上に形成された撥液膜 110 によりはじかれる。はじかれた液状物は、コンタクト 102 層の露出面上の液状物に吸収される。その結果、液状物は、柱状部 101 の上面のコンタクト層 102 が露出した部分の上に残る。残った液状物は、表面張力により、レーザ出射部 111 の原形となるレンズ形状を形作る。

【0058】ノズルにより液状物を柱状部 101 上面に供給する方法によれば、液状物の粘度、ノズル径およびノズル先端の液滴量などを調整したり、ノズル先端の表面処理などにより、レーザ出射部 111 の厚さを容易に制御することができる。また、ノズルによる液状物の供給方法は、液状物の粘度による影響を受け難いため、使用可能な液状物の範囲が広い。さらに、必要などころのみ液状物を確実に供給することができるため、無駄がなく、余計なところ液状物が付着することもない。

【0059】樹脂の液状物としては、たとえば、紫外線硬化型アクリル系樹脂、紫外線硬化型エポキシ樹脂を挙げることができる。前駆体の液状物としては、ポリイミド前駆体の液状物を挙げることができる。

【0060】紫外線硬化型樹脂は、紫外線照射のみで硬化することができるため、素子への熱によるダメージや、熱硬化させた場合に生じる半導体層と樹脂との熱膨張差によるレーザ出射部の剥離などの心配がない。

【0061】紫外線硬化型樹脂は、プレポリマー、オリゴマーおよびモノマーのうち少なくとも 1 種と光重合開始剤を含んだものからなる。

【0062】紫外線硬化型アクリル系樹脂の具体例としては、プレポリマーまたはオリゴマーとしては、例えば、エポキシアクリレート類、ウレタンアクリレート類、ポリエステルアクリレート類、ポリエーテルアクリレート類、スピロアセタール系アクリレート類等のアクリレート類、エポキシメタクリレート類、ウレタンメタクリレート類、ポリエステルメタクリレート類、ポリエーテルメタクリレート類等のメタクリレート類等が利用できる。

【0063】モノマーとしては、例えば、2-エチルヘキシルアクリレート、2-エチルヘキシルメタクリレート、2-ヒドロキシエチルアクリレート、2-ヒドロキシエチルメタクリレート、N-ビニル-2-ピロリドン、カルビトールアクリレート、テトラヒドロフルフリルアクリレート、イソボルニルアクリレート、ジシクロペンテニルアクリレート、1,3-ブタンジオールアクリレート等の単官能性モノマー、1,6-ヘキサジオールジアクリレート、1,6-ヘキサジオールジメタクリレート、ネオペンチルグリコールアクリレート、ポリエチレングリコールジアクリレート、ペンタエリスリトールジアクリレート等の二官能性モノマー、トリメチ

ロールプロパントリアクリレート、トリメチロールプロパントリメタクリレート、ペンタエリスリトールトリアクリレート、ジペンタエリスリトールヘキサアクリレート等の多官能性モノマーが挙げられる。

【0064】光重合開始剤としては、たとえば、2,2-ジメトキシ-2-フェニルアセトフェノンなどのアセトフェノン類、 α -ヒドロキシイソブチルフェノン、p-イソプロピル- α -ヒドロキシイソブチルフェノンなどのブチルフェノン類、p-tert-ブチルジクロロアセトフェノン、p-tert-ブチルトリクロロアセトフェノン、 α , α -ジクロル-4-フェノキシアセトフェノンなどのハロゲン化アセトフェノン類、ベンゾフェノン、N,N-テトラエチル-4,4-ジアミノベンゾフェノンなどのベンゾフェノン類、ベンジル、ベンジルジメチルケタールなどのベンジル類、ベンゾイン、ベンゾインアルキルエーテルなどのベンゾイン類、1-フェニル-1,2-プロパンジオール-2-(α -エトキシカルボニル)オキシムなどのオキシム類、2-メチルチオキサントン、2-クロロチオキサントンなどのキサントン類、ベンゾインエーテル、イソブチルベンゾインエーテルなどのベンゾインエーテル類、ミヒラーケトン類のラジカル発生化合物を挙げることができる。紫外線硬化型アクリル系樹脂を硬化した後の樹脂は、透明度が高いという利点を有している。

【0065】ポリイミド前駆体としては、ポリアミック酸、ポリアミック酸の長鎖アルキルエステルなどを挙げることができる。ポリイミド前駆体を熱硬化させて得られたポリイミド系樹脂は可視光領域において、80%以上の透過率を有し、屈折率が 1.7~1.9 と高いため、大きなレンズ効果が得られる。

【0066】(6) 次いで、柱状部 101 の上面の液状物を硬化させ、図 1 に示すような面発光レーザが完成する。液状物が前述の紫外線硬化型樹脂の場合には、紫外線を照射することにより、硬化させることができる。

【0067】また、液状物として、ポリイミド前駆体の液状物を用いた場合には、ポリイミド前駆体の液状物を加熱キュア処理してイミド化反応を起こしポリイミド樹脂を生成させることにより、硬化させることができる。キュア温度は、前駆体の種類によって異なるが、素子への熱によるダメージ、基板とポリイミド樹脂との熱膨張差および電極のアロイングの防止などの観点から、150℃程度が適当である。加熱時間としては、電極を構成する金属原子が半導体層の内部に異常拡散が生じない程度に設定される。

【0068】このように、上部電極 106 上に撥液膜 110 を形成し、液状物を、上部電極 106 が開口してあるレーザ出射部 111 を設けようとする位置に供給してやり、柱状部 101 の上面のコンタクト層 102 上に残った液状物を硬化することのみで、マイクロレンズとして機能するレーザ出射部 111 をセルフアラインで形成

することができる。このようにレーザ出射部 111 をセルフアラインで形成することができるため、光軸合わせが不要で光軸ずれのないレーザ出射部 111 をきわめて簡単な工程で形成することができる。

【0069】前記工程(5)において、液状物を柱状部 101 の上のコンタクト層 102 が露出した部分に供給する方法として、ディスペンサノズル 117 による供給方法を例示したが、図 7 に示すように、インクジェットヘッド 118 を用いて、液状物を柱状部の上面に射出して供給する方法なども適用することができる。インクジェットヘッド 118 を用いた方法は、短時間で液状物を柱状部 101 の上面に供給することができ、生産性が高いという利点がある。液状物をインクジェットする際、液状物の液粘度は、重要な要素であるが、希釈溶剤を液状物に添加することにより、適当な液粘度に調整することもできる。

【0070】紫外線硬化型樹脂の液状物に適用可能な希釈溶剤としては、特に限定されるものではないが、たとえば、プロピレングリコールモノメチルエーテルアセテート、プロピレングリコールモノプロピルエーテル、メトキシメチルプロピオネート、メトキシエチルプロピオネート、エチルセロソルブ、エチルセロソルブアセテート、エチルラクトート、エチルピルピネート、メチルアミルケトン、シクロヘキサノン、キシレン、トルエン、ブチルアセテートなどを挙げることができ、単独で、または、2 種以上を混合して使用することができる。

【0071】ポリイミドの前駆体の液状物に適用可能な希釈溶剤としては、たとえば、N-メチル-2-ピロリドンなどを挙げることができる。

【0072】さらに、この他に、液状物を柱状部 101 の上のコンタクト層 102 が露出した部分に供給する方法としては、適宜、スピコート法、ディッピング法、スプレーコート法、ロールコート法、バーコート法などを利用することができる。

【0073】上記実施の形態において、撥液膜 110 は、機能基を有するチオールからなる単分子膜について述べたが、この化合物に限らず、上部電極 106 に吸着し、かつ、上記の液状物をはじく性質を有する単分子膜であれば、本発明の撥液膜 110 として適用することができる。また、撥液膜 110 は、単分子膜に限られるものではなく、液状物をはじく性質を有する膜であれば、特に限定されない。また、撥液膜 110 は、必要に応じて、適宜、剥離することができる。

【0074】また、上記の製造プロセスでは、上部電極

106 を構成する金属層の表面が金層である場合について述べたが、撥液膜 111 と密着するものであれば、特に限定されるものではない。

【0075】

【図面の簡単な説明】

【図 1】実施の形態にかかる面発光型半導体レーザを模式的に示す断面図である。

【図 2】実施の形態にかかる面発光型半導体レーザの製造方法の工程を模式的に示す断面図である。

10 【図 3】実施の形態にかかる面発光型半導体レーザの製造方法の工程を模式的に示す断面図である。

【図 4】実施の形態にかかる面発光型半導体レーザの製造方法の工程を模式的に示す断面図である。

【図 5】機能基を有するチオールからなる単分子膜を形成した直後の柱状部の上面の一部分を模式的に示した模式図である。

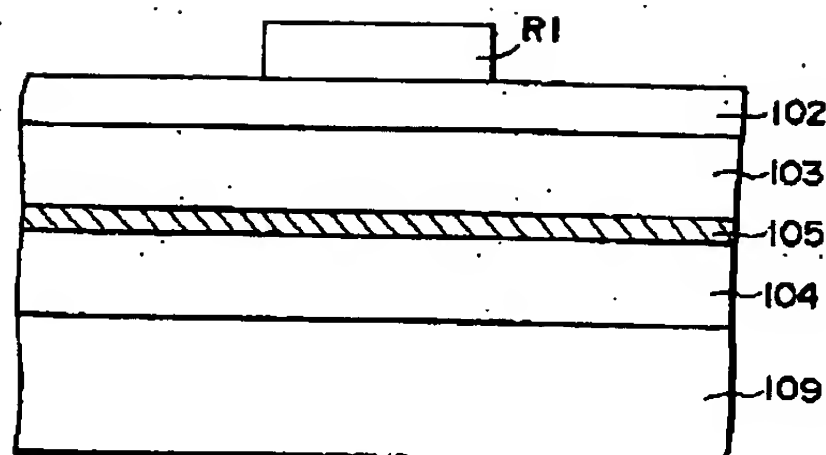
【図 6】ノズルを用いて液状物を柱状部の上面の所定領域に供給する方法を経時的に表した模式図である。

20 【図 7】インクジェットヘッドを用いて液状物を柱状部の上面の所定領域に供給する方法を経時的に表した模式図である。

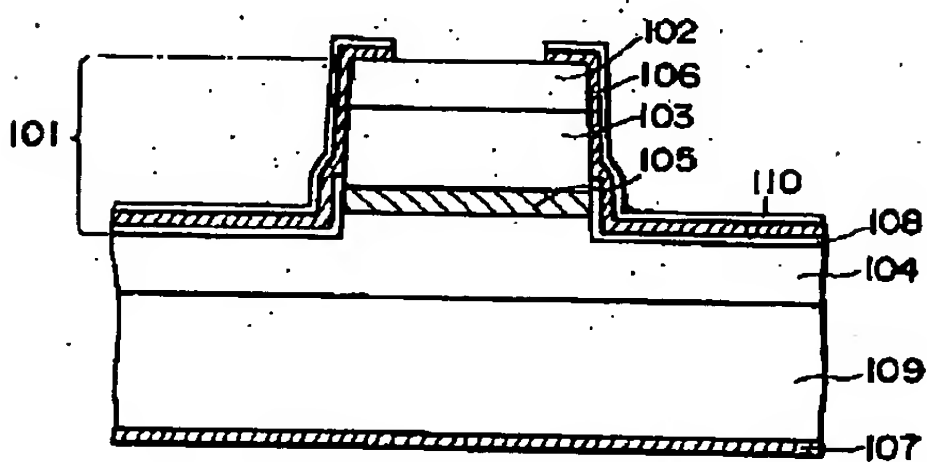
【符号の説明】

100	面発光レーザ
101	柱状部
102	コンタクト層
103	上部 DBR ミラー
104	下部 DBR ミラー
105	量子井戸活性層
106	上部電極
107	下部電極
108	絶縁層
109	基板
110	撥液膜
111	出射部
112	機能基を末端に有するチオール
113	メルカプト基
114	機能基
115	金層
116	チオール単分子膜
117	ノズル
118	インクジェットヘッド
119	液状樹脂
R1	レジスト層

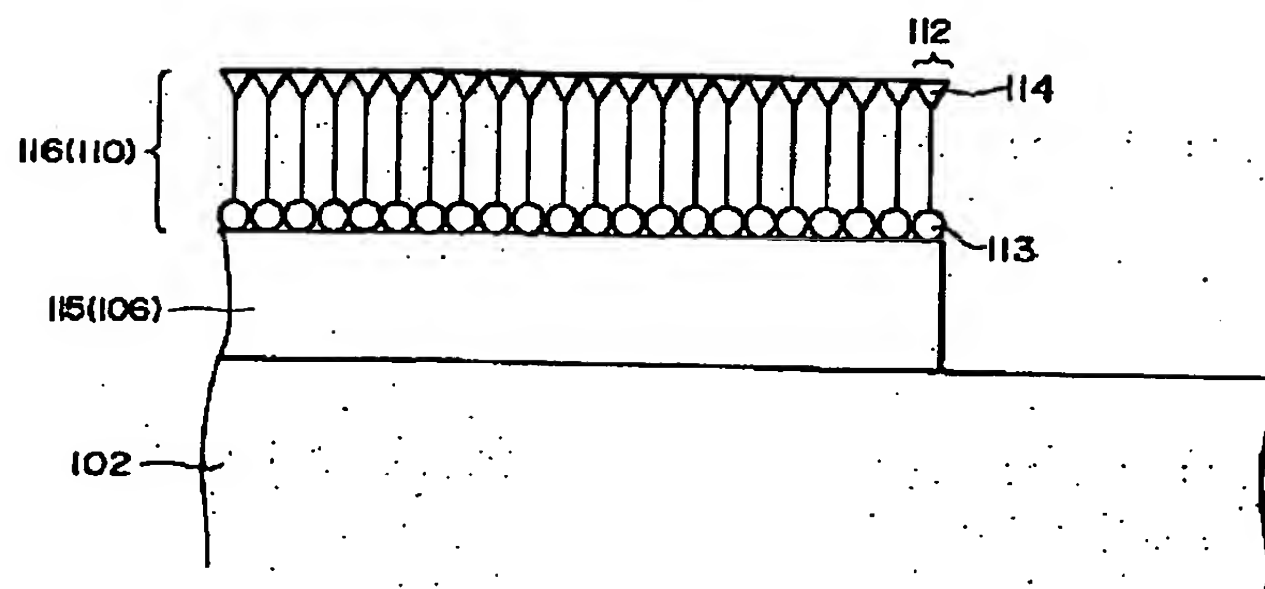
【図 2】



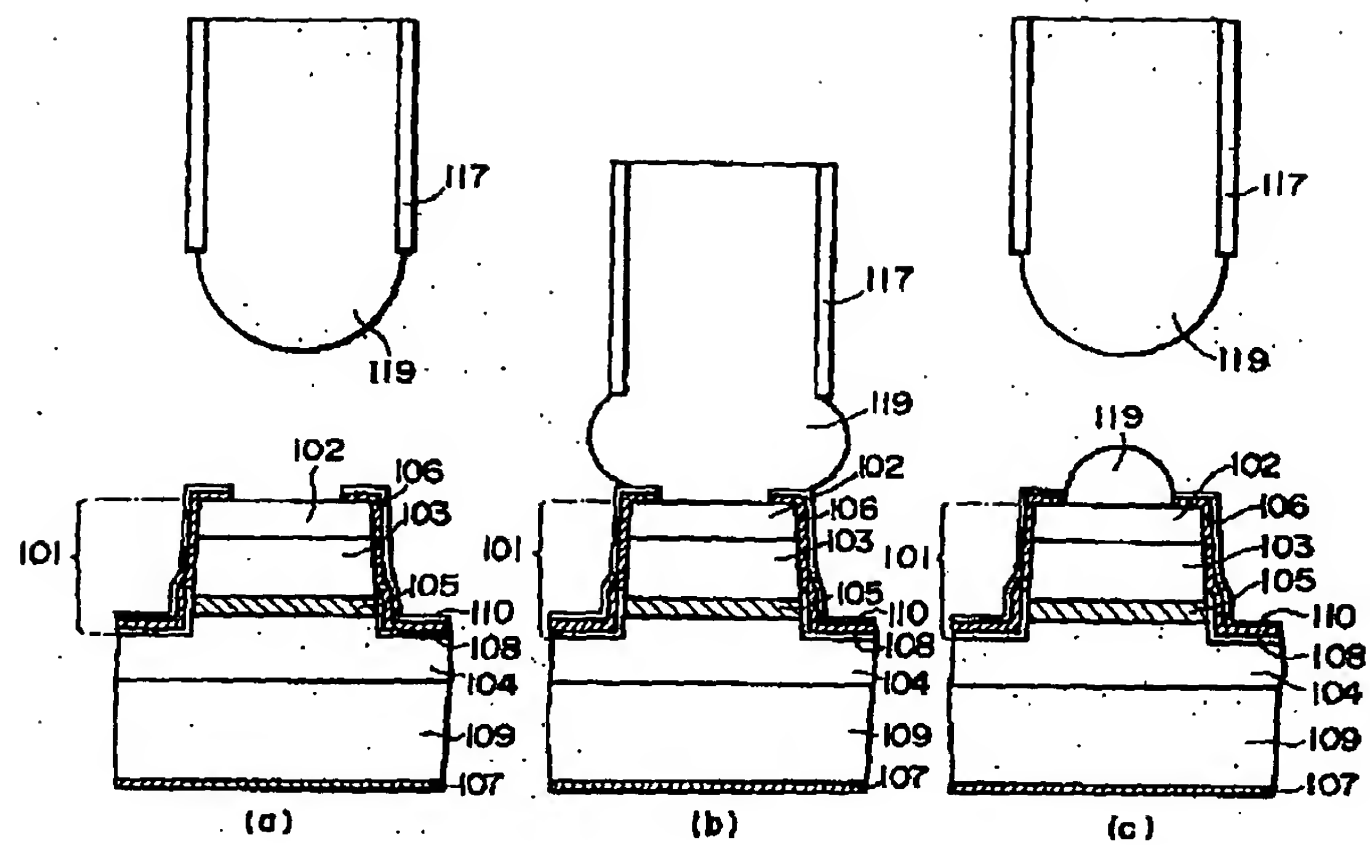
【図 4】



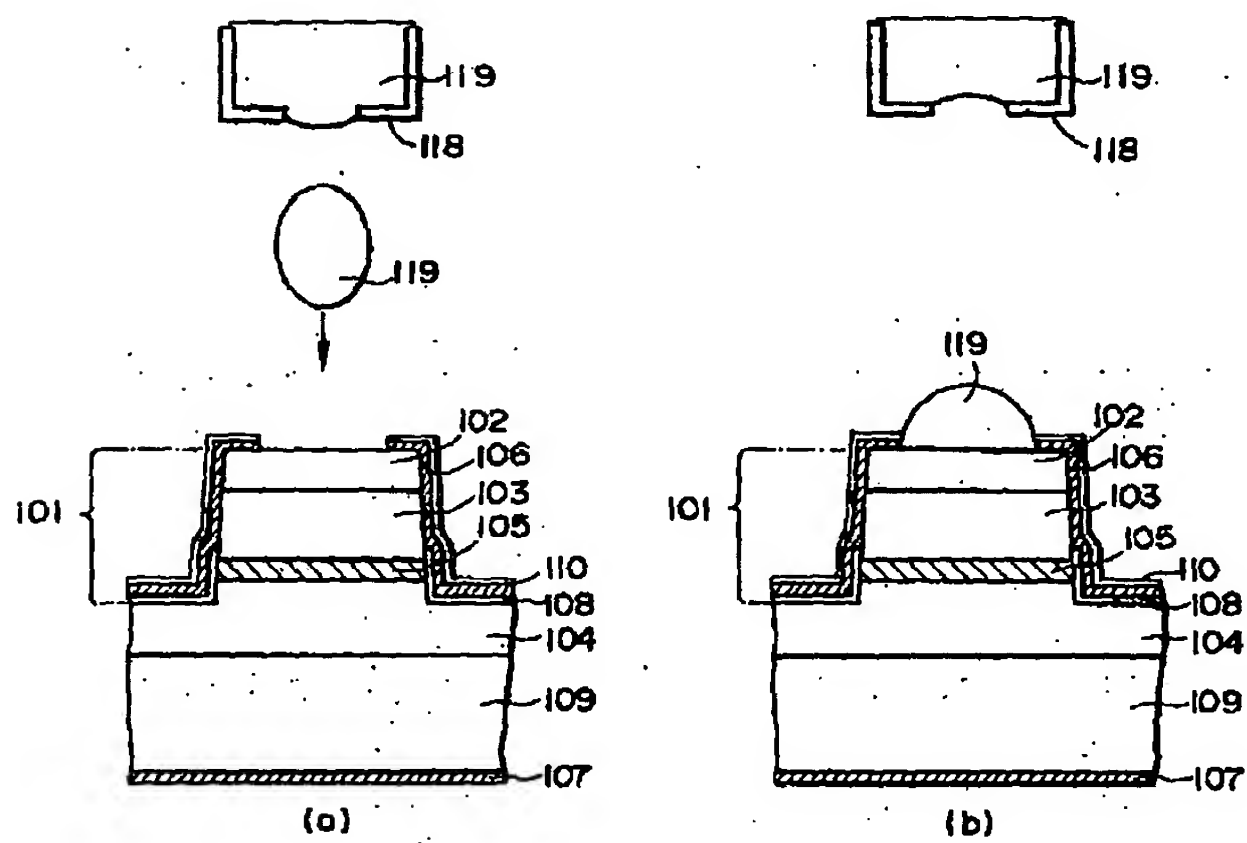
【図 5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 金子 剛
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ
ーエプソン株式会社内

Fターム(参考) 5D119 AA43 FA05 FA18 FA21 FA30
NA04